

ANALISA PENGARUH JARAK *CHOK BEAN* TERHADAP LAJU EROSI ALIRAN DUA FASA *STEAM-SOLID* DI DALAM *ELBOW* PADA PIPA VERTIKAL INJEKTOR UAP PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA (CPI) MENGGUNAKAN CFD

*Abrorul Fuady R.¹, MSK. Tony SU.², Eflita Yohana²

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

* Email: fuad_assoy@yahoo.com

ABSTRACT

Choke bean is essentially needed on hydrocarbon production system. The main function of this tool is to restrain and regulate flow rate of fluids in the pipe through a hole of the choke bean known as orifice. The use of the choke bean is very risky because of the relatively high velocity fluid that comes out of the choke due to the narrowing of the flow. High velocity may cause huge turbulence which affects the rate of erosion in the elbow. The purpose of this study is to determine the effect of distance variations of the choke bean with the elbow; and velocity of the fluid toward the erosion rate in the elbow using CFD. Distance variations of the choke bean with elbow are 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) and 36 in (0,9144 m). Variations of the fluid velocity are 15,99 m/s, 22,39 m/s and 28,78 m/s. Simulation results shows that the greater the distance between the choke bean with the elbow causes a decrease in the erosion rate. The increased fluid velocity affects to the increasing the erosion rate.

Keywords: CFD, Choke bean, elbow, erosion rate, hydrocarbon.

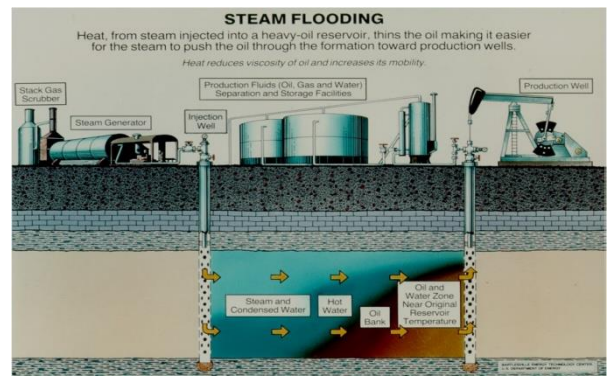
1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia saat ini masih sangat bergantung pada pemanfaatan energi yang berasal dari sumber daya hidrokarbon (energi fosil) yaitu minyak bumi. Bertambahnya Jumlah penduduk dunia menyebabkan konsumsi energi dunia khususnya minyak bumi semakin meningkat [1].

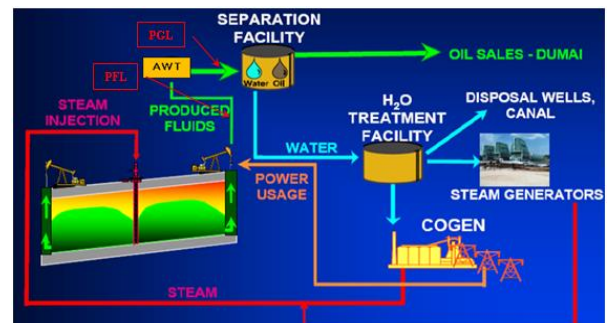
Kebutuhan minyak bumi suatu negara erat kaitannya dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat [2]. Konsumsi minyak bumi di Indonesia meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia [3].

Produksi minyak bumi di Indonesia dibagi menjadi beberapa blok minyak yang dikelola oleh Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) dari perusahaan nasional dan multinasional. PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI), perusahaan multinasional dari Amerika Serikat merupakan produsen minyak bumi terbesar di Indonesia [4].

PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) dalam memproduksi minyak bumi menggunakan teknologi injeksi uap (*steam flooding*). Proses produksi minyak bumi dengan injeksi uap (*steam flooding*) dapat dilihat pada Gambar 1. Salah satu bagian penting pada produksi minyak bumi dengan injeksi uap adalah *steam line* yang merupakan jalur aliran uap dimana uap yang berasal dari *steam generator* dan *cogen* diinjeksikan kedalam *reservoir* untuk mengangkat minyak ke permukaan seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Produksi minyak menggunakan teknologi injeksi uap (*steam flooding*) [5].



Gambar 2. Proses produksi minyak dengan injeksi uap (*steam flooding*) pada PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI).

Proses penginjeksian uap menggunakan *steam injector* (injektor uap) yang dapat dilihat pada Gambar

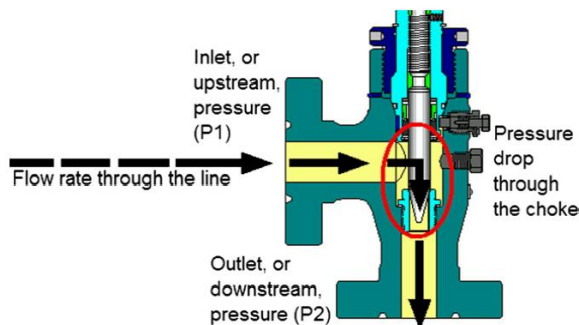
3. Pada jalur aliran uap (*steam line*) terdapat suatu alat yang digunakan untuk mengatur laju aliran uap yaitu *choke bean*.



Gambar 3. *Steam injector* (injektor uap).

Choke bean sangat dibutuhkan pada instalasi suatu sistem perpipaan khususnya injeksi uap ketika laju aliran fluida (uap) di dalam pipa (*steam line*) sangat besar. Fungsi utama alat ini adalah untuk menahan dan mengatur laju aliran fluida di dalam pipa melalui lubang (*orifice*) dari *choke bean*.

Akibat adanya *orifice* ini, tekanan sebelum dan sesudah *orifice* menjadi berbeda yang besarnya tergantung dari diameter *orificenya*. Prinsip inilah yang digunakan untuk menahan dan mengatur laju aliran fluida tersebut. Besar kecilnya diameter *orifice* akan sangat berpengaruh pada pengaturan laju aliran fluida [6]. Gambar 4 menunjukkan skema dari *choke bean*.



Gambar 4. Skema *choke bean* [7].

Penggunaan *choke bean* pada sistem perpipaan injeksi uap sangat beresiko karena kecepatan uap saat berada di *choke* cukup tinggi. Hal ini dikarenakan adanya penyempitan penampang yaitu perubahan diameter dari diameter pipa yang besar menuju ke diameter *orifice* yang lebih kecil. Apalagi *choke bean* dipasang sebelum *elbow* akan memungkinkan kecepatan uap di dalam *elbow* menjadi tinggi. Kemungkinan pengaruh dari kecepatan uap yang keluar dari *choke bean* akan menghantam *elbow* dan menyebabkan terjadinya penipisan pada dinding *elbow*. Penipisan pada dinding *elbow* yang berkepanjangan dapat mengakibatkan kebocoran di

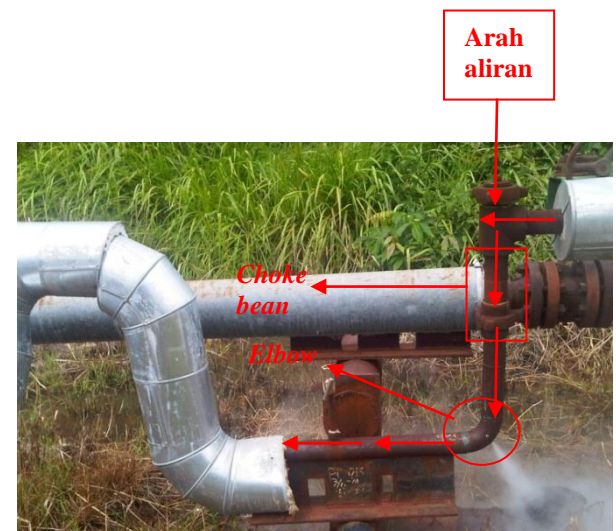
elbow. Hal tersebut sangat mempengaruhi proses injeksi uap dimana proses injeksi uap menjadi terganggu sehingga produksi minyakpun berkurang.

Faktor lain yang bisa menyebabkan terjadinya penipisan pada dinding *elbow* adalah jarak antara *choke bean* dengan *elbow* yang terlalu dekat. Karena kecepatan uap yang keluar dari *choke* akan menjadi lebih tinggi saat berada di dinding *elbow* yang akibatnya bisa mempercepat terjadinya penipisan pada dinding *elbow* hingga mengalami kebocoran.

Hal inilah yang terjadi pada PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) di Duri Field pada bulan September 2010 dimana pipa injektor uap tepatnya di bagian *elbow* mengalami kebocoran. Gambar 5 memperlihatkan bagaimana uap menyembur keluar dari *elbow*.

Faktor jarak antara *choke bean* dengan *elbow* yang terlalu dekat diduga menjadi penyebab kebocoran pipa injektor uap milik PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI). Karena menurut standar API RP 14 E panjang minimal pipa lurus dari *choke outlets* adalah 3 ft (0,9144 m). Pipa lurus merupakan pipa yang terletak antara *choke bean* dan *elbow*. Jadi bisa dikatakan 3 ft (0,9144 m) adalah jarak minimal antara *choke bean* dengan *elbow* [8]. Sedangkan pada PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) jarak antara *choke bean* dengan *elbow* hanya 1 ft (0,3048 m).

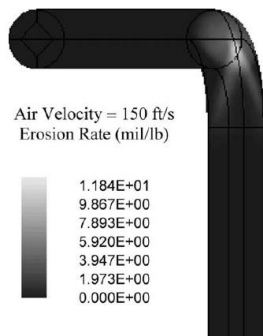
Oleh karena itu, berkaitan dengan masalah tersebut akan dilakukan suatu penelitian mengenai pengaruh jarak antara *choke bean* dengan *elbow* terhadap laju erosi di dalam *elbow* pada pipa vertikal injektor uap menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) dengan bantuan perangkat lunak FLUENT 6.3.26.



Gambar 5. Pipa injektor uap milik PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) mengalami kebocoran di bagian *elbow*.

Penelitian mengenai laju erosi di *elbow* pernah dilakukan oleh X. Chen [9]. Akan tetapi, model benda (geometri) yang digunakan hanya terdiri dari *elbow* dan pipa lurus saja tanpa adanya *choke bean*

seperti terlihat pada Gambar 6. Selain itu, simulasi yang dilakukan oleh X. Chen menggunakan bantuan perangkat lunak CFX-4.2.



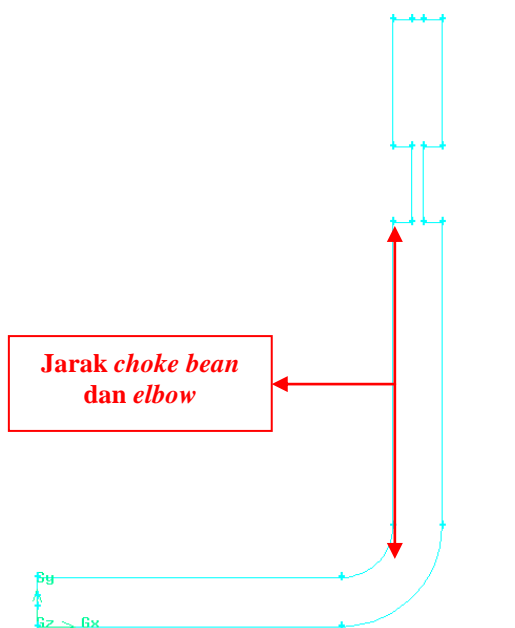
Gambar 6. Penelitian X. Chen [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah pertama, untuk mengetahui pengaruh dari modifikasi jarak antara *choke bean* dengan *elbow* terhadap laju erosi yang dihasilkan di dalam *elbow* pada pipa vertikal. Kedua, untuk mengetahui pengaruh dari variasi kecepatan *steam* terhadap laju erosi.

2. PEMODELAN CFD

2.1. Model

Model benda yang digunakan dalam simulasi ini disesuaikan mendekati keadaan sesungguhnya di lapangan yang merupakan skema pipa injektor uap yang terdiri dari pipa lurus, *choke bean* dan *elbow* seperti terlihat pada Gambar 5. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pipa injektor uap dimodelkan dalam bentuk dua dimensi. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses simulasi pada FLUENT sekaligus menyederhanakan pemodelan di GAMBIT. Penyajian model dalam bentuk 2-D sudah cukup mewakili untuk analisa laju erosi di *elbow*.



Gambar 7. Model 2-D pipa injektor uap.

Model tersebut akan dimodifikasi jarak *choke bean* dan *elbow* dari 1ft (0,3048 m), 2ft (0,6096 m), sampai 3ft (0,9144 m) sesuai dengan jarak minimum yang ditentukan pada standar API RP 14E. Selain itu, kecepatan *steam* juga bervariasi yaitu, 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s.

2.2. Proses Simulasi

a. Preprocessing

Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam melakukan proses analisa dengan menggunakan CFD. Dalam tahapan ini dilakukan dua hal, yaitu membangun permodelan benda dengan menggunakan *software* CAD, pembuatan *mesh* yang sesuai, kemudian menentukan kondisi batas. Dari sini dapat dihasilkan suatu domain komputasi yang selanjutnya diekspor ke FLUENT 6.3.26. Pada tugas akhir ini pembuatan model simulasi pipa injektor uap menggunakan GAMBIT 2.3.16 (*Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit*) sebagai *preprocessing*.

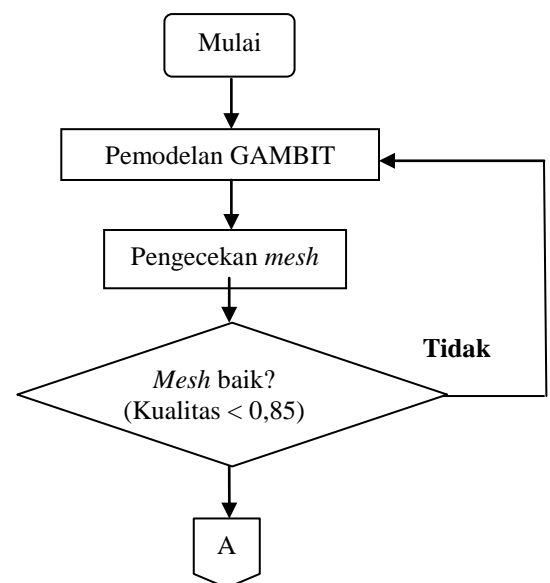
b. Solving

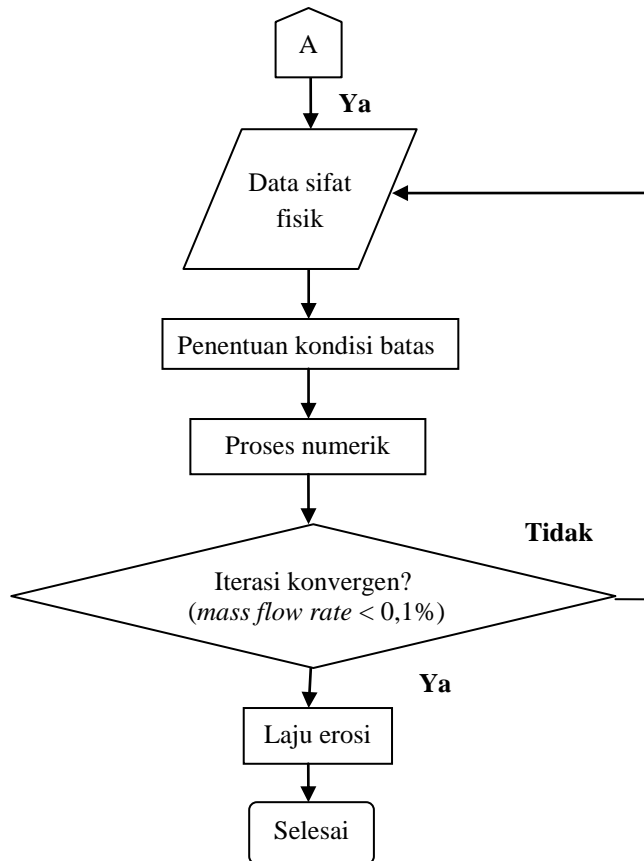
Merupakan tahapan utama dari simulasi dengan CFD, yaitu dengan melakukan iterasi atau perhitungan terhadap kondisi-kondisi batas yang telah ditentukan dalam tahapan *preprocessing*. Dalam proses ini data-data mengenai karakteristik kondisi batas dan material atau jenis fluida yang digunakan dimasukkan ke dalam program.

c. Postprocessing

Postprocessing adalah langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengolah dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD yang bisa berupa data, gambar, grafik ataupun animasi.

Untuk memperjelas sistematika tahapan-tahapan dalam upaya pencapaian hasil yang diharapkan dari penelitian ini, maka disusun diagram alir umum seperti digambarkan pada Gambar 8.





Gambar 8. Diagram alir pemodelan CFD.

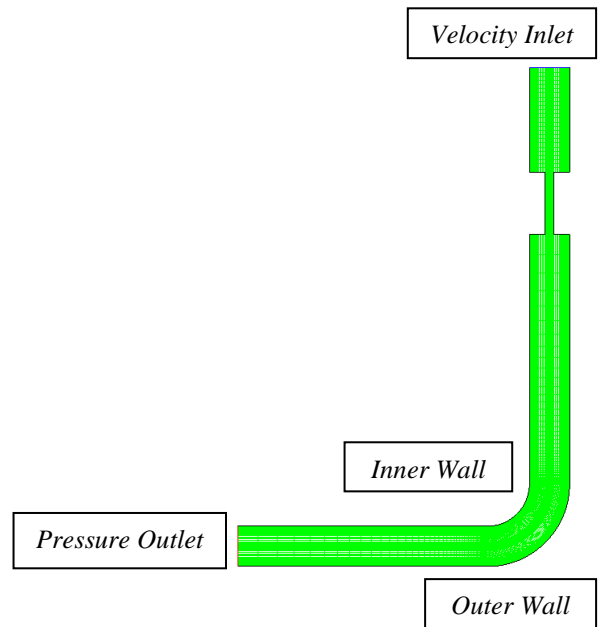
Dalam penelitian ini, memberikan beberapa batasan masalah yang diharapkan dapat memberikan hasil yang maksimal, diantaranya:

- Jenis aliran fluida bersifat inkompresibel.
- Fluida yang digunakan adalah *saturated steam* dengan *SQ (Steam Quality)* = 0,7.
- Fluida *steam* merupakan model aliran homogen.
- Solid* yang digunakan adalah *sand* (pasir) dengan densitas sebesar 2650 kg/m³.
- Material *elbow* adalah *carbon steel* berdensitas 7800 kg/m³.
- Kecepatan *sand* sama dengan kecepatan *steam*.
- Laju aliran *sand* adalah 1 kg/s.
- Simulasi dilakukan pada jenis aliran *steady*.

2.3. Pembuatan Model dan Penentuan Kondisi Batas

Sebuah pipa mempunyai diameter dalam 1,939 in (0,049 m). Sedangkan *choke bean* berdiameter 0,438 in (0,011 m) dan memiliki panjang 3 in (0,076 m). Geometrinya dimodelkan dalam bentuk 2-D untuk keefektifan dan efisien. Fluida *steam* dan *sand* masuk dari *inlet* secara bersamaan dengan kecepatan yang sama. Jarak antara *elbow* dengan *choke* dan kecepatan *steam* divariasikan. Adapun batas-batas daerah asalnya

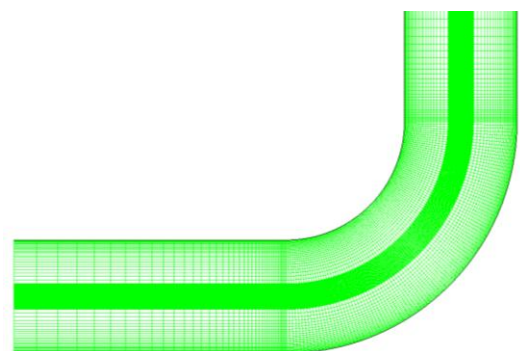
(*domain*) dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini. Model dibuat sejumlah tiga dengan ukuran sama kecuali pada jarak antara *choke* dengan *elbow* yang divariasikan dari 1ft (0,3048 m), 2ft (0,6096 m), sampai 3ft (0,9144 m). *Meshing* yang diterapkan pada ketiga model tersebut sama yaitu dengan aspek rasio sebesar 111,311 dan jumlah *cells* sebanyak 23250.



Gambar 9. Daerah asal (*domain*) pipa injektor uap dalam aliran dua dimensi.

2.4. Penggenerasian Mesh

Berhubung daerah yang paling diinginkan adalah daerah *elbow* bagian dinding maka dibuat *mesh* dengan ukuran lebih kecil pada daerah dekat dinding pipa dibandingkan dengan bagian tengah pipa. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih teliti pada permukaan (dinding) pipa khususnya *elbow*. Pada arah aksial (memanjang) dilakukan *meshing* pada daerah *elbow* dengan ukuran lebih kecil daripada pipa lurus karena pada daerah tersebut terjadi perubahan arah aliran sehingga dibutuhkan ketelitian yang lebih tinggi. Pada pipa lurus ukuran *mesh* arah aksial pada daerah dekat *elbow* lebih kecil dari bagian tengah pipa. Bentuk *mesh* tersebut dapat dilihat pada Gambar 10. Sedangkan jenis *meshing* dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 10. Grid terstruktur pada domain.

Tabel 1. Jenis *Meshing* yang digunakan

Jenis Meshing	Face Meshing
Elements	Quad
Type	Sub Map
Kualitas mesh	0,005

2.5. Solver dan Model Turbulensi

Proses simulasi menggunakan metode solusi *Pressure Based 2D* dan model turbulensi yang digunakan adalah model *k-epsilon standard wall function* dan menggunakan metode *Discrete Phase Model (DPM)* dalam pada proses simulasi.

2.6. Pendefinisian Material

Fluida merupakan *saturated steam* dengan properti fluida seperti terlihat pada Tabel 2. Sedangkan *solid* yang digunakan adalah *sand* (pasir) dengan sifat seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi Fluida

Properties	Nilai
Densitas rata-rata	30,14045 kg/m ³
Viskositas rata-rata	0,000044 kg/ms
Kecepatan	15,99 m/s
Re	539443

Tabel 3. Spesifikasi *sand*

Properties	Nilai
Densitas	2650 kg/m ³
Diameter	1,32e-06 m
Kecepatan	15,99 m/s
Laju Aliran	1 kg/s

2.7. Proses Iterasi

Adapun kontrol solusi yang digunakan pada komputasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kontrol Solusi

<i>Pressure</i>	<i>Standard</i>
<i>Momentum</i>	<i>First order upwind</i>
<i>Turbulent kinetic energy</i>	<i>First order upwind</i>
<i>Turbulent dissipation rate</i>	<i>First order upwind</i>
<i>Pressure</i>	0,7
<i>Turbulent kinetic energy</i>	0,8
<i>Turbulent dissipation rate</i>	0,8
<i>Momentum</i>	0,3
<i>Discrete Phase Sources</i>	0,5
Kriteria konvergensi	1e-04

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

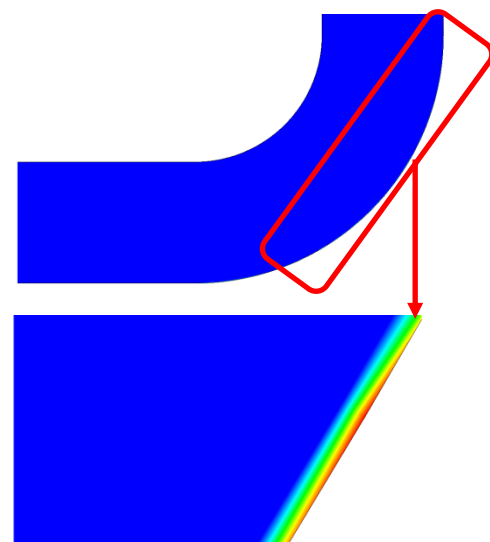
Hasil simulasi terdiri dari dua kasus. Kasus yang pertama adalah pengaruh hubungan antara jarak *choke* dengan *elbow* terhadap laju erosi. Pada kasus ini jarak *choke bean* dengan *elbow* divariasikan dari 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m). Kemudian kasus kedua meneliti pengaruh kecepatan *steam* terhadap laju erosi. Kecepatan *steam* juga divariasikan yaitu, 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s.

Hasil simulasi dari kasus pertama yaitu jarak antara *choke bean* dengan *elbow* ini nantinya akan diverifikasi dengan kriteria jarak minimum menurut standar API RP 14E. Sedangkan pada kasus kedua hasil simulasi yang berupa *trend* data grafik hubungan kecepatan *steam* dan laju erosi akan dibandingkan dengan penelitian X. Chen [9].

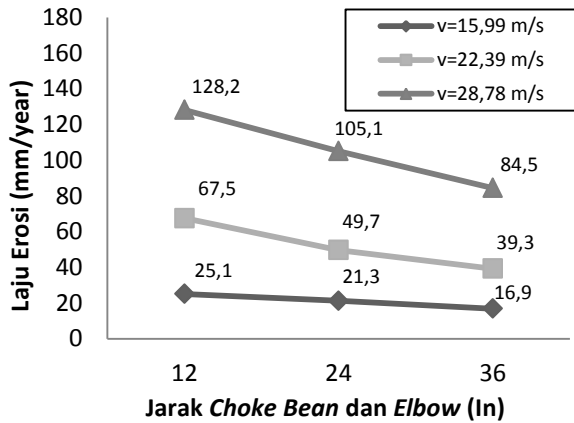
3.1. Hasil Simulasi Kasus Pertama



Gambar 11. Kontur laju erosi pada kasus pertama.



Gambar 12. Erosi terjadi pada *outer elbow*.



Gambar 13. Grafik hubungan jarak *choke bean* dan *elbow* terhadap laju erosi.

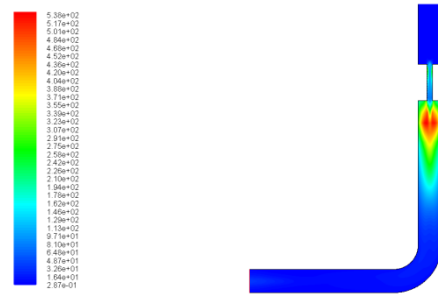
Gambar 11 menunjukkan *output* dari hasil simulasi pada kasus pertama berupa laju erosi. Sedangkan Gambar 12 memperlihatkan bahwa erosi terjadi pada *outer elbow* atau sisi luar bagian dari *elbow*. Gambar 13 merupakan grafik yang mengilustrasikan hubungan antara jarak *choke bean* dengan *elbow* dan laju erosi berbanding terbalik. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin panjang jarak antara *choke bean* dengan *elbow* maka laju erosi akan semakin turun. Dapat dilihat bahwa laju erosi pada grafik dimana jarak terjauh 36 in (0,9144 m) merupakan laju erosi terendah. Hal ini sejalan dengan kriteria jarak minimum menurut standar API RP 14E yaitu 36 in (0,9144 m) [8].

Pada saat fluida memasuki *choke bean* kecepatan menjadi tinggi karena adanya penyempitan penampang. Hal tersebut dapat dilihat dari kontur kecepatan pada Gambar 14. Kecepatan fluida di *choke bean* yang tinggi menyebabkan terjadinya turbulensi aliran ketika fluida keluar dari *choke bean* seperti terlihat pada Gambar 15. Turbulensi cukup besar karena bilangan Reynolds (Re) yang tinggi yaitu 539.443.

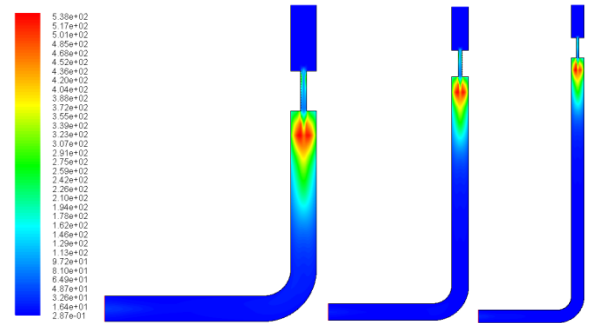
Jarak antara *choke bean* dengan *elbow* sangat mempengaruhi kondisi fluida pada saat memasuki *elbow*. Semakin dekat jarak *choke bean* dengan *elbow* maka turbulensi yang terjadi pada saat aliran memasuki *elbow* lebih besar dibandingkan dengan jarak yang lebih jauh. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17 yang menunjukkan kontur turbulensi dari jarak 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) sampai 36 in (0,9144 m).



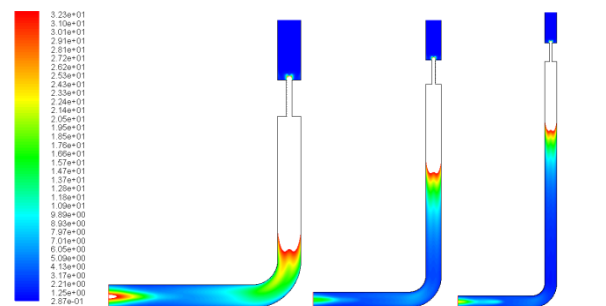
Gambar 14. Kontur kecepatan pada jarak 12 in (0,3048 m).



Gambar 15. Kontur turbulensi pada jarak 12 in (0,3048 m).



Gambar 16. Kontur turbulensi 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m).

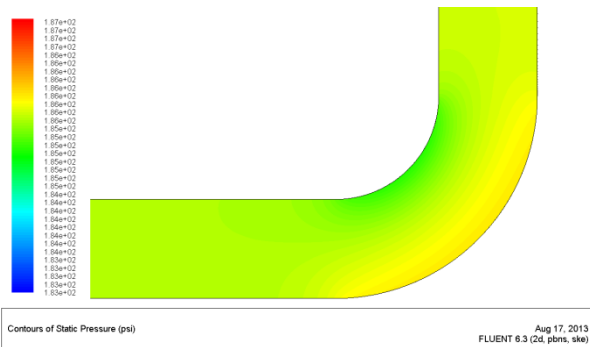


Gambar 17. Kontur turbulensi 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m).

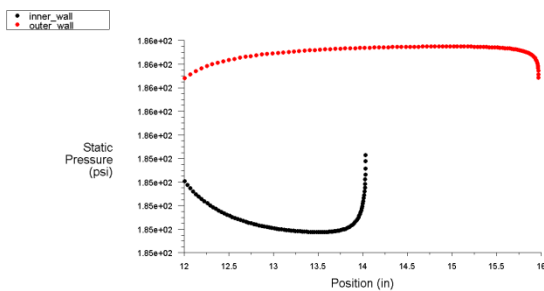
Turbulensi aliran yang besar mempengaruhi laju erosi yang terjadi di *elbow*. Laju erosi menurun seiring dengan berkurangnya turbulensi aliran saat memasuki *elbow* karena jarak *choke bean* dan *elbow* yang menjauh. Jadi, semakin jauh jarak *choke bean* dengan *elbow* maka turbulensi aliran saat memasuki *elbow* menjadi lebih kecil sehingga laju erosi menurun.

Tekanan di *elbow* pada bagian *inner* dan *outer* berbeda. Pada bagian *outer elbow* memiliki tekanan yang lebih besar dibanding *inner elbow* seperti terlihat pada Gambar 18. Perbandingan distribusi tekanan statis di *inner* dan *outer elbow* dapat dilihat secara jelas pada Gambar 19. Hal tersebut terjadi karena adanya *secondary flow*. *Secondary flow* merupakan aliran yang berputar-putar. Tekanan di *outer elbow* yang besar menghasilkan kecepatan yang kecil karena tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan. Seharusnya kecepatan di *outer elbow* lebih besar jika erosi yang terjadi di *outer elbow* dikarenakan kecepatan fluida yang tinggi. Akan tetapi, sesuai dengan penjelasan sebelumnya bahwa erosi yang terjadi di *outer elbow*

disebabkan oleh turbulensi dari aliran yang besar. Jadi, turbulensi aliran yang besar pada akhirnya mempengaruhi erosi yang terjadi di *outer elbow*.



Gambar 18. Kontur tekanan statis di *inner* dan *outer elbow*.

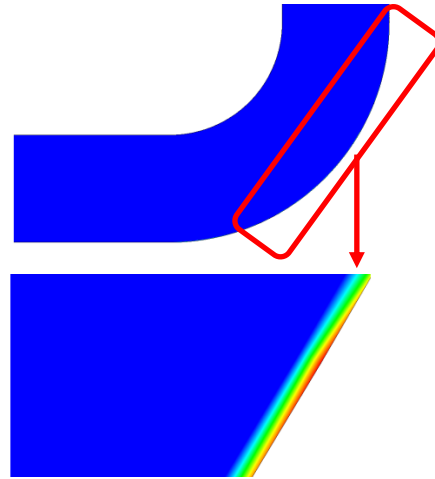


Gambar 19. Grafik perbandingan distribusi tekanan statis di *inner wall* dan *outer wall* pada *elbow* sepanjang sumbu-X.

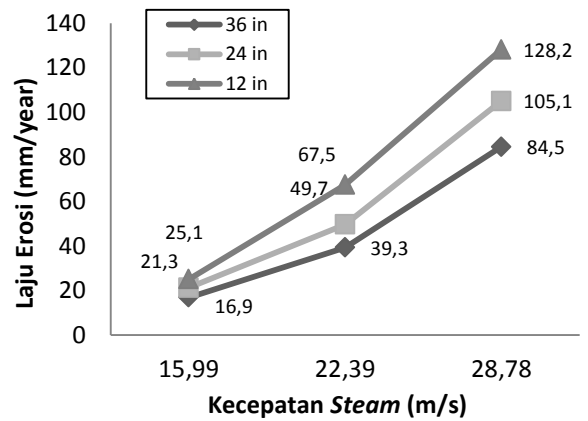
3.2. Hasil Simulasi Kasus Kedua



Gambar 20. Kontur laju erosi pada kasus kedua.



Gambar 21. Erosi terjadi pada *outer elbow*.

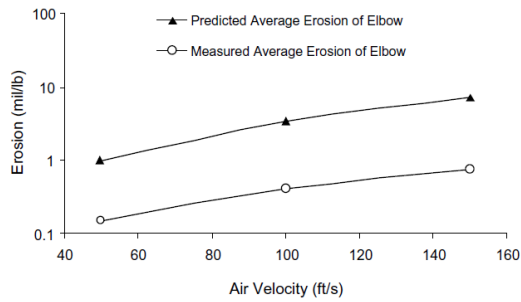


Gambar 22. Grafik hubungan antara kecepatan *steam* terhadap laju erosi.

Gambar 20 menunjukkan kontur laju erosi yang dihasilkan dari variasi kecepatan *steam* yang diterapkan pada kasus kedua. Sedangkan pada Gambar 21 memperlihatkan bahwa erosi terjadi pada *outer elbow* atau sisi luar bagian dari *elbow* sama dengan kondisi pada kasus pertama. Gambar 22 mengilustrasikan hubungan antara kecepatan *steam* terhadap laju erosi berbanding lurus. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan *steam* maka laju erosi yang dihasilkan semakin besar. Dapat dilihat bahwa laju erosi pada grafik dimana kecepatan tertinggi 28,78 m/s merupakan laju erosi tertinggi.

Saat kecepatan fluida cukup tinggi, kecepatan partikel akan mendekati kecepatan fluida. Erosi terburuk terjadi saat kecepatan aliran fluida berada pada kecepatan tertinggi yaitu 28,78 m/s. Peningkatan kecil pada kecepatan fluida dapat mengakibatkan peningkatan laju erosi yang cukup besar saat kecepatan partikel mendekati atau sama dengan kecepatan fluida [7].

Grafik pada Gambar 22 memiliki *trend* grafik yang sama dengan penelitian X. Chen [9] seperti terlihat pada Gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23. Grafik hubungan antara kecepatan fluida air (udara) terhadap laju erosi pada penelitian X. Chen [9].

Gambar 23 memperlihatkan *trend* grafik yang sama dengan kasus kedua. Akan tetapi, fluida yang digunakan berbeda yaitu udara. Pada Gambar 23 tersebut terdapat dua grafik. Grafik yang berada dibawah adalah grafik yang diperoleh dari pengukuran langsung. Kemudian grafik yang di atasnya merupakan hasil prediksi menggunakan CFD.

Dari kedua kasus semuanya menunjukkan bahwa daerah tererosi berada pada *outer elbow* atau sisi permukaan bagian terluar dari *elbow*. Hal tersebut sesuai dengan hasil simulasi pada penelitian X. Chen [9] seperti terlihat pada Gambar 6.

Hasil simulasi kasus pertama dan kedua ditampilkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada Tabel 5. Tabel 5 di bawah ini berisi laju erosi yang dihasilkan dari variasi jarak *choke* dengan *elbow* dan variasi kecepatan *steam*.

Tabel 5. Hasil simulasi kasus pertama dan kedua

Jarak <i>choke bean</i> dan <i>elbow</i>	Kecepatan	Laju Erosi	
		Kg/m ² s	mm/year
In (m)	m/s		
12 (0,3048)	15,99	6,20E-06	25,1
	22,39	1,67E-05	67,5
	28,78	3,17E-05	128,2
24 (0,6096)	15,99	5,26E-06	21,3
	22,39	1,23E-05	49,7
	28,78	2,60E-05	105,1
36 (0,9144)	15,99	4,18E-06	16,9
	22,39	9,73E-06	39,3
	28,78	2,09E-05	84,5

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dan dibahas maka dapat disimpulkan bahwa:

- Laju erosi dapat diturunkan dengan memperpanjang jarak antara *choke bean* dengan *elbow*. Semakin besar jarak antara *choke bean* dengan *elbow* maka laju erosi akan semakin rendah. Pada kecepatan yang sama 15,99 m/s dengan jarak yang berbeda yaitu 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m)

menghasilkan laju erosi masing-masing sebesar 25,1 mm/year, 21,3 mm/year dan 16,9 mm/year.

- Peningkatkan kecepatan *steam* berpengaruh pada peningkatan laju erosi. Pada jarak yang sama 12 in (0,3048 m) dengan kecepatan yang berbeda yaitu 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s diperoleh laju erosi masing-masing sebesar 25,1 mm/year, 67,5 mm/year dan 128,2 mm/year.

5. REFERENSI

- Tverberg, G., 2013, *Peak Oil Demand is Already a Huge Problem*, <http://ourfinitemworld.com/2013/04/11/peak-oil-demand-is-already-a-huge-problem/>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Osryar, 2010, *Penduduk Indonesia Sensus Penduduk 2010*, <http://geolebak.blogspot.com/2010/12/gambaran-umum-penduduk-indonesia-hasil.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Basri, F., *Sesat Pikir Pengelolaan Migas (II)*, <http://ekonomi.kompasiana.com/bisnis/2013/08/13/sesat-pikir-pengelolaan-migas-ii-584037.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Kallida, 2012, *Dominasi dan Cengkraman Modal Asing Sebagai Kolonialisme Baru di Indonesia*, <http://xdharizal.blogspot.com/2012/04/dominasi-dan-cengkraman-modal-asing.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Enhanced Oil Recovery (Thermal Recovery)*, <http://pet-oil.blogspot.com/2012/03/enhanced-oil-recovery-thermal-recovery.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Saputro, G., 2010, *Laporan PKL*, <http://galih-duniaperminyakan.blogspot.com/2010/11/laporan-pkl.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- Bai, Y. and Bai, Q., 2010, *Subsea Structural Engineering Handbook*, Houston USA.
- API RP 14 E, 1991, *Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping System*, Washington DC.
- Chen, X., McLaury, B. S., Shirazi, S. A., 2004, *Application and experimental validation of a computational fluid dynamics (CFD)-based erosion prediction model in elbows and plugged tees*, *Computers & Fluids* 33 1251-1272.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, diantaranya adalah PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian, Bapak Muhammad Abdillah dan Bapak Marthin Simanjuntak selaku mentor di PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI), serta Bapak MSK. Tony SU. dan Ibu Eflita Yohana selaku dosen pembimbing.